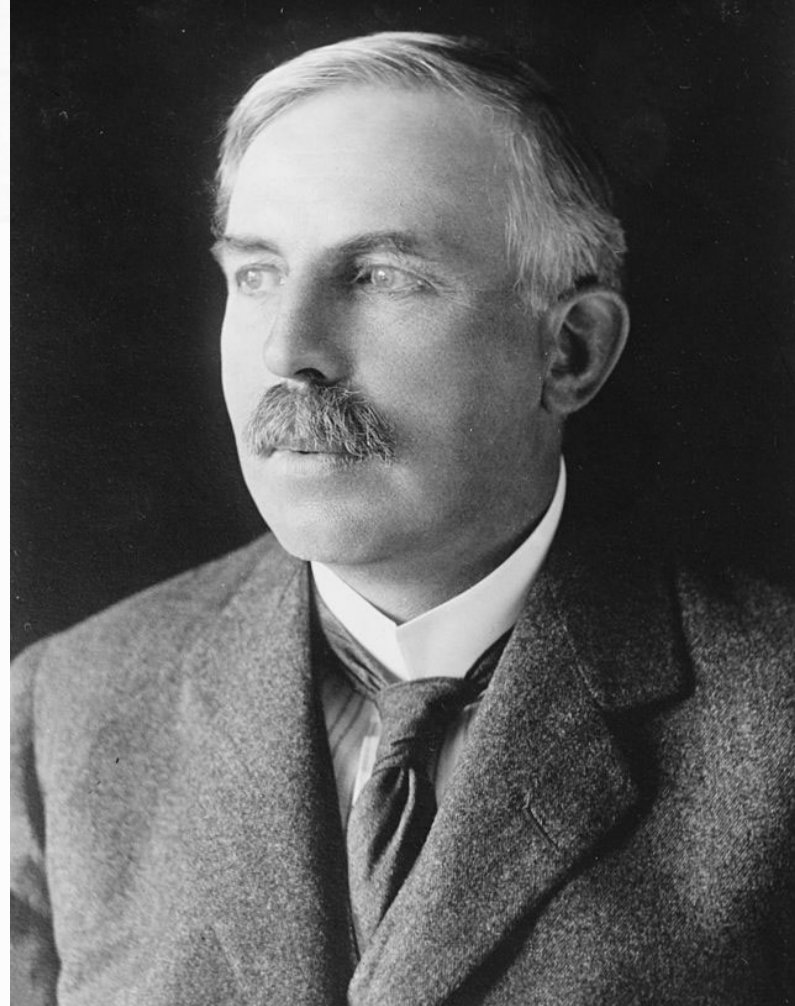


Columnistas

El dilema del Tritio

Manuel Guzmán-Hennessey



El físico neozelandés Ernest Rutherford descubrió el tritio, un material asaz raro entre la química, como que es isótopo del hidrógeno y como tal, 'primo hermano' del deuterio, otra rareza. Y como además es bastante escaso en la naturaleza, poco sabíamos de él hasta que Rutherford se lo encontró mientras estudiaba la radiactividad. Hizo entonces una carambola tan genial que descubrió dos cosas sobre las cuáles hoy podríamos cifrar la salvación de la vida sobre el planeta. La primera fue las propiedades del tritio y la segunda que los átomos podían desintegrarse. Entonces los físicos Atkinson y Houtermans descubrieron la energía nuclear de fusión. Que desde 1942 tomó impulso con E. Fermi y R. Oppenheimer, mas no para fines tan inocuos como aquel que encontró Frank Libby: saber la edad de los vinos^[i].

Pues bien, a propósito del tritio, yo tengo cuatro razones y un principio de legitimidad ética para abogar en favor de él. Y pedir que se forme, cuanto antes, un movimiento ambientalista global que considere la necesidad de acelerar la

investigación científica sobre la energía nuclear de fusión. Las razones son:

1. Las emisiones de carbono y gases de efecto invernadero han aumentado, año por año, desde 1990 (año de referencia del Protocolo de Kioto). Con lo cual se comprueba que el cambio climático, bajo el actual modelo de crecimiento y desarrollo, no podrá detenerse.
2. Los escenarios proyectados por la ciencia indican que si estos niveles de emisiones se mantienen, superaremos la barrera de los 2°C entre 2050 y 2070. Los efectos del fenómeno climático repercutirán cada vez más intensamente sobre muchas de las economías y poblaciones del mundo.
3. Sin una transición energética que resuelva la dependencia de los combustibles fósiles no será posible adaptarnos al mundo que vendrá. Hoy resulta poco probable que si esta transición se centra solo en eólica, solar y geotérmica, alcancemos a abastecer una población mundial de más de 9 mil millones de personas en 2050.
4. La energía nuclear de fusión es eficiente, limpia y segura, pero se necesita acelerar su puesta en marcha debido a que el proyecto más avanzado hoy (ITER)^[ii] solo podría producir electricidad después de 2035.

El principio de legitimidad ética es: la formación de un movimiento ambientalista a favor de la energía nuclear de fusión contribuiría, como ningún otro colectivo sectorial, a una reflexión y al emprendimiento de unas acciones orientadas hacia la búsqueda de soluciones de urgencia frente a la crisis climática, durante el llamado periodo pos 2015 del Protocolo de Kyoto. Este movimiento bien podría ser concebido como una idea de innovación social para salvar la vida. O, si se quiere, para la adaptación de las economías del mundo a un nuevo marco energético que nos permita avanzar, a grandes saltos, hacia una sociedad libre de carbono.

Experiencias sobre cómo ideas de innovación social pueden movilizar acciones y cambiar paradigmas tenemos muchas en el mundo. Y debemos aprovecharlas.

Este movimiento representaría, si ello así sucediera, el clamor actualizado de quienes han comprometido sus mejores energías para defender la vida sobre el planeta. Sería la evolución histórica natural de un colectivo de una sociedad que viene luchando, desde la década del 1960, por la defensa integral de la vida. Ningún otro sector de la sociedad civil organizada podría representar con mayor legitimidad ética este papel. Un movimiento ambientalista global bien podría incidir sobre quienes dictan las políticas económicas de los países más industrializados para lograr nuevos proyectos de fusión nuclear y un avance significativo, si ello es técnicamente posible, de los proyectos en marcha como el *National Ignition Facility*^[iii] de Estados Unidos, el *Ciemat*^[iv] de España, pero especialmente el *ITER* de Francia.

Ahora bien, pido que se conforme cuanto antes este movimiento debido a que todos los datos de la ciencia indican que debemos actuar antes de 2050. No tenemos mucho tiempo. No podemos seguir quemando petróleo, carbón y gas. La energía nuclear de fusión no produce gases de efecto invernadero y es altamente eficiente. Tres preguntas podría hacerle este movimiento a la dirigencia actual del mundo:

- ¿Es posible acelerar el proyecto ITER? ¿Es conveniente iniciar nuevos proyectos de fusión aún sin haber obtenido plenos resultados de ITER?
- ¿Conviene incluir dentro de las opciones de transición hacia la energía de fusión a las actuales centrales eléctricas de fisión nuclear, teniendo en cuenta que muy probablemente no nos alcance el desarrollo de otras formas de energías renovables?
- ¿Conviene repensar las inversiones en energías renovables como prioridad única de la transición e incluir en las nuevas prioridades más investigación científica para fusión y mejoramiento transitivo de las actuales centrales de fisión?

Y sobre las dos primeras razones que me obligan a pedir el movimiento a favor de la energía nuclear de fusión me pregunto: ¿cuál es la situación actual de las emisiones de carbono frente a las cuales la única manera efectiva de reaccionar es acelerando la transición energética? ¿Y cuáles son los escenarios proyectados por la ciencia en el probable evento de que estas emisiones crezcan?

Intentaré algunas respuestas basándome en hechos que han sucedido muy recientemente.

El Estado de California y la ciudad de Sao Paulo viven por estos días similares crisis de agua. La sequía de Sao Paulo es la mayor de los últimos 84 años. De acuerdo con el Instituto de Astronomía y Geofísica de la Universidad del Estado de Sao Paulo, el año 2014 fue uno de los más secos allí, desde que se empezaron las mediciones en 1934. La de California también es la más grave desde que existen registros de las precipitaciones. Casi mil kilómetros cuadrados del fértil valle de Sacramento no serán cultivados este año.

Y aunque es cierto que estas sequías no sorprenden a los científicos del clima, también lo es que ninguno de ellos había previsto, para tan corto tiempo, las manifestaciones más agudas de esta crisis. La manera como durante 2014 se aceleró la velocidad del fenómeno global obliga a reaccionar con urgencia manifiesta.

Rajendra Pachauri, expresidente del Panel Intergubernamental de científicos sobre el cambio climático, advirtió en 2009:

Hemos estimado que para estabilizar el aumento de la temperatura global entre 2° y 2,4°C tenemos alrededor de siete años para reducir las emisiones, especialmente el dióxido de carbono. En 2015 alcanzarán su punto máximo y en 2020 tenemos que instaurar una reducción del 25 a 40 por ciento de las emisiones globales. Es un desafío enorme, pero creo que será posible^[v].

Lamentablemente, la esperanza de Pachauri no se ha cumplido hasta el día de hoy. Por el contrario, todas las previsiones de la ciencia fueron superadas entre 2013 y 2014. Así lo reconocen estudios como el del *Centro Tyndall* para la investigación sobre el cambio climático, publicado en septiembre de 2014: Según el ritmo actual de emisiones, el aumento de 2°C en la temperatura promedio global será alcanzado antes de 2050.

Los científicos sostienen que traspasar este umbral sería catastrófico para las condiciones físicas y químicas de la vida, por lo cual consideran los 2°C como el punto de no retorno.

Corinne Le Quééré, directora del *Centro Tyndall*, dijo:

No estamos nada cerca de los compromisos necesarios para evitar este aumento para la mayoría de los países de todo el mundo, incluidas las naciones ricas^[vi].

¿Significa todo ello que está próximo el fin de la experiencia social y humana sobre la Tierra? Algunos, como J. Lovelock, creen que esta es una posibilidad, por lo menos en una buena parte de esa experiencia colectiva. Según sus proyecciones nos veríamos reducidos a un diez o un veinte por ciento de lo que actualmente 'somos' como población.

Entre 2020 y 2050 la humanidad tendrá —muy probablemente— la última oportunidad de rectificar el rumbo de su historia. Si no lo hace, conoceremos entre 2050 y 2080 —años más años menos— la mayor catástrofe humanitaria de toda la historia humana.

Debido a que durante lo que resta del siglo XXI no será posible detener las emisiones de carbono a la atmósfera, ni remover de ella las que hemos depositado desde la mitad del siglo XX, debemos concentrar nuestros mayores esfuerzos en encontrar las mejores maneras de adaptarnos a la crisis. Para ello es necesario diseñar un proyecto de alcance global orientado a construir las bases de una nueva sociedad. Una empresa colectiva de verdadera innovación social que sea capaz de salvarnos de la catástrofe que se avecina. El eje de esta transformación es el cambio energético.

La idea de un movimiento ambientalista global en favor de la energía nuclear de fusión podría contribuir a superar el debate de considerar la energía de fisión como alternativa frente a la crisis climática. Malcolm Grimston, miembro del *think tank* londinense *Chatham House*, dice: "*Hasta ahora ha habido una tendencia, tanto en el IPCC como en las chartas de Kyoto, a esquivar la discusión de la energía nuclear, pero no van a poder evitar abordarlo indefinidamente*"^[vii]. Otros dos líderes del ecologismo se han manifestado en el mismo sentido: Patrick Moore, cofundador de Greenpeace, y James Lovelock, autor de la teoría GAIA. Y un científico, el nobel mexicano Mario Molina.

Si el mundo avanza en investigación científica lo suficiente (entre 2015 y 2030) como para hacer posible la realidad de la fusión a partir del deuterio y el tritio, lo que habría que hacer es fácil de escribir (en realidad no lo es tanto):

1. Tomar un poco de agua del mar.
2. Extraer de ella el hidrógeno y de él sus isótopos de deuterio y tritio.
3. Unir estos isótopos, calentándolos hasta 150 millones de grados Celsius. Para contener semejante cantidad de calor es necesario confinar los isótopos en un campo magnético y hacer allí la reacción de fusión.
4. Obtener energía eléctrica y liberar helio y vapor de agua.

Al no liberarse dióxido de carbono hemos resuelto el problema del clima, pero aún nos falta resolver el manejo de ese plasma caliente que contendría la reacción química de los isótopos de hidrógeno. La energía nuclear de fusión es altamente compleja. Europa ha sido líder en la investigación sobre la fusión nuclear durante 50 años. Todos los aspectos relacionados con dicha investigación en Europa se coordinan a través de la Comisión Europea. La financiación proviene del *Programa Marco de Investigación de EURATOM* y de los fondos nacionales de los Estados miembros y de Suiza. Podría haber un movimiento financiero global para inyectarle más dinero a estos proyectos y avanzar significativamente, teniendo en cuenta que existe la urgencia global de salvar la vida.

¿Cuánto hemos avanzado?

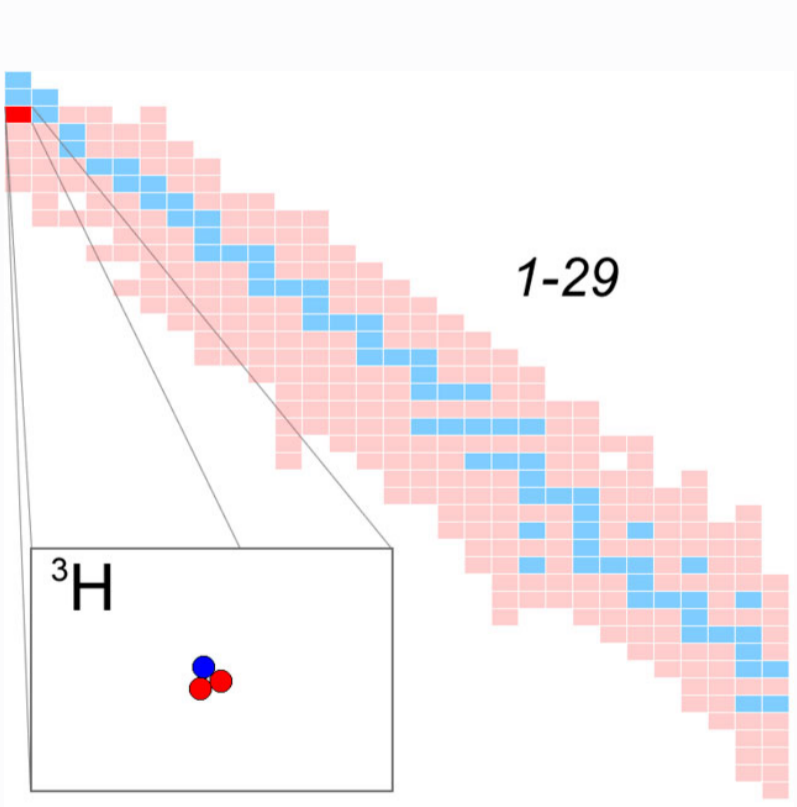
Mucho, desde 1968, el premio nobel N. Basov obtuvo energía nuclear usando láseres, entonces se aceleró el concepto TOKAMAK (cámara magnética toroidal)^[viii], que consiste en un campo magnético para calentar la mezcla de tritio y liberar energía. Se desarrollaron el TFR en Francia, el T-4 Y T-11 en Rusia, el Alcator y Ormak en Estados Unidos. El T-10 en Rusia, el ASEDX en Alemania y el FRASCATI en Italia. Desde la década del 1970 se empezaron a difundir publicaciones científicas sobre fusión por confinamiento inercial (Brueckner, Nuckolls, Kidder, Clark, Basov). En la década del 1990 se hicieron muchas instalaciones nuevas basadas en el concepto TOKAMAK: las JET EURATOM y TFTR en Estados Unidos (hoy clausurada) y la JT-60 en Japón. Y lo máximo alcanzado es la producción de 12 MW de potencia mediante fusión nuclear controlada durante mhaya podido resolverse el dilema del tritio: o climte, la humanidad obtenga la electricidad que necesita para abastecerse, cuandás de un segundo (en JET, 1997).

Una de las ventajas que tiene la fusión es su gran potencia específica, su enorme capacidad para generar energía. El problema es que, para que esta reacción sea eficiente, hay que conseguir temperaturas de 100 a 200 millones de grados Celsius.

Hoy avanza en Cadarache, Francia, la construcción del proyecto ITER. La fase de construcción comenzó en 2010. Ya se ha levantado la nave de las bobinas de campo y este año se ha iniciado la construcción del complejo Tokamak, que incluye el edificio del reactor, el de diagnósticos y el del tritio, un edificio de siete pisos y varias instalaciones externas que incluyen, según los expertos de los cuales copio: sistemas de vacío, criogénicos, de manipulación remota, suministro de energía, celdas calientes, plantas de tritio y otros.

Los suministros de los componentes se reparten entre los siete países participantes. Avanzan asuntos como el emplazamiento, el criostato, la soldadura de la vasija, la fábrica de helio líquido y la gestión de la logística de transportes hacia Cadarache. En Japón se está desarrollando el divertor, encargado de limpiar el plasma de las "cenizas" de la fusión. Serán 3800 toneladas de acero, la mayor estructura de alto vacío y acero inoxidable del mundo, y se fabricará en India. ITER es hoy el mayor proyecto científico de investigación energética del mundo, pretende mostrar que es posible tecnológicamente utilizar la fusión nuclear como fuente de energía, del mismo modo que se genera en el sol o en las estrellas. Por el momento, es una máquina de investigación, una máquina experimental, pero esperamos que, a partir de 2035 aproximadamente, la humanidad obtenga la electricidad que necesita para abastecerse, cuando ya no podamos depender de los combustibles fósiles y si aún hay tiempo para detener el avance del cambio climático.

Esperamos que entre 2015 y 2030 haya podido resolverse el dilema del tritio: confinarlo en un campo magnético, controlar su temperatura y producir energía eficiente, limpia, segura y barata. Ojalá el ambientalismo del mundo active este debate.



Una de las ventajas que tiene la fusión es su gran potencia específica, su enorme capacidad para generar energía. El problema es que, para que esta reacción sea eficiente, hay que conseguir temperaturas de 100 a 200 millones de grados Celsius.

Hoy avanza en Cadarache, Francia, la construcción del proyecto ITER. La fase de construcción comenzó en 2010. Ya se ha levantado la nave de las bobinas de campo y este año se ha iniciado la construcción del complejo Tokamak, que incluye el edificio del reactor, el de diagnósticos y el del tritio, un edificio de siete pisos y varias instalaciones externas que incluyen, según los expertos de los cuales copio: sistemas de vacío, criogénicos, de manipulación remota, suministro de energía, celdas calientes, plantas de tritio y otros.

Los suministros de los componentes se reparten entre los siete países participantes. Avanzan asuntos como el emplazamiento, el criostato, la soldadura de la vasija, la fábrica de helio líquido y la gestión de la logística de transportes hacia Cadarache. En Japón se está desarrollando el divertor, encargado de limpiar el plasma de las "cenizas" de la fusión. Serán 3800 toneladas de acero, la mayor estructura de alto vacío y acero inoxidable del mundo, y se fabricará en India. ITER es hoy el mayor proyecto científico de investigación energética del mundo, pretende mostrar que es posible tecnológicamente utilizar la fusión nuclear como fuente de energía, del mismo modo que se genera en el sol o en las estrellas. Por el momento, es una máquina de investigación, una máquina experimental, pero esperamos que, a partir de 2035 aproximadamente, la humanidad obtenga la electricidad que necesita para abastecerse, cuando ya no podamos depender de los combustibles fósiles y si aún hay tiempo para detener el avance del cambio climático.

Esperamos que entre 2015 y 2030 haya podido resolverse el dilema del tritio: confinarlo en un campo magnético, controlar su temperatura y producir energía eficiente, limpia, segura y barata. Ojalá el ambientalismo del mundo active este debate.

[i] Kaufman, Sheldon; Libby, W. (1954). «The Natural Distribution of Tritium». *Physical Review* **93** (6): 1337.

[ii] Iter

[iii] Lasers

[iv] Ciemat

[v] The Guardian

[vi] Tyndall

[vii] Chathamhouse

[viii] Iter